



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ  
(РОСПАТЕНТ)

(19) RU (11) 2046361 (13) C1

(51) 6 G01R27/22, G01N27/07

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

к патенту Российской Федерации

Статус: по данным на 19.03.2007 - прекратил действие

(14) Дата публикации: 1995.10.20

(21) Регистрационный номер заявки: 5024034/10

(22) Дата подачи заявки: 1992.01.27

(45) Опубликовано: 1995.10.20

(56) Аналоги изобретения: 1. Авторское  
свидетельство СССР N 1538148, кл. G 01R  
27/22, 1987. 2. Авторское свидетельство СССР  
N 1762262, кл. G 01R 27/22, 1990. 3. Авторское  
свидетельство СССР N 1684724, кл. G 01R  
27/22, 1989.

(71) Имя заявителя: Веревкин В.И.;  
Быстров В.А.; Поляков С.Е.

(72) Имя изобретателя: Веревкин В.И.;  
Быстров В.А.; Поляков С.Е.

(73) Имя патентообладателя: Веревкин  
Валерий Иванович; Быстров  
Валерий Александрович

### (54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ЖИДКИХ СРЕД

Использование: измерение удельной электропроводности жидких сред в условиях действия сторонних источников тока. Сущность изобретения: устройство для измерения удельной электропроводности жидких сред содержит датчик, выполненный в виде стакана из твердого диэлектрического материала, в корпусе которого установлены дисковый и кольцевой электроды, которые подключены к регистратору напряжения, дисковый электрод через последовательно соединенные регистратор тока и переменный резистор подключен к источнику питания, в качестве которого использован источник питания, технологического процесса. 1 ил. 1 табл.

#### ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Изобретение относится к измерительной технике, в частности к устройствам для измерения удельной электропроводности жидких сред в условиях действия сторонних источников тока, в том числе в локальных объемах с низкой плотностью тока.

Известен датчик, содержащий керамический корпус с каналом для выводов и измерительной полостью, двумя токовыми электродами, тремя потенциальными зондами, соединенными с измерительной полостью. Керамический корпус выполнен открытым снизу. Между верхним торцом и измерительной полостью керамического корпуса расположен канал для продувания полости инертным газом [1]

Недостатком этого устройства является невозможность измерения удельных электропроводностей жидких сред в условиях одновременного протекания по ней тока от стороннего источника. Это связано с тем, что измерение осуществляется от внутреннего источника тока. При наличии стороннего источника тока в измерительной полости будет равен сумме двух токов: внутреннего и стороннего, что вносит большие погрешности и делает недостоверными результаты измерений. Это исключает

возможность измерения удельной электропроводности в агрегате с непрерывным протеканием через жидкую среду рабочего тока, например расплава шихты в алюминиевом электролизере. В последнем в рабочем режиме исключена возможность даже кратковременного отключения рабочего тока. Кроме того, датчик сложен по конструкции.

Известен контактный датчик, содержащий диэлектрическую трубку с тремя кольцевыми электродами, один из которых располагается снаружи, а два внутри заподлицо с поверхностью стенки трубки, регистратор напряжения, амперметр, переменный резистор, содержит внутренний источник тока и выключатель, при этом наружный электрод и один из внутренних электродов расположены посередине трубки, внутренние электроды соединены через регистратор напряжения, расположенные посередине трубки, наружный и внутренний электрод соединены через последовательно включенные выключатель, амперметр, источник тока и переменный резистор [2]

Недостатком этого устройства является тесная зависимость величины тока, протекающего по измеряемому участку исследуемой среды внутри датчика, от его пространственной ориентации относительно экваторовых линий. Так как по одному из узких кольцевых электродов, входящих в измерительную цепь регистратора напряжения, протекает силовой ток, то на нем активно протекают поляризационные процессы. Вследствие этого понижается точность измерения удельной электропроводности исследуемой среды.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому является устройство для измерения удельной электропроводности, которое выполнено в виде диэлектрической трубки с токовыми и кольцевыми измерительными электродами, из которых токовые и один из измерительных электродов расположены внутри трубки, содержит амперметр, регистраторы, дополнительно содержит переменный резистор, подключенный через амперметр к незаземленным токовым электродам, выполненным в виде дисков, разделенных друг от друга изоляционной прокладкой, при этом наружные электроды, подключенные к первому регистратору, расположены соответственно над внутренним измерительным электродом и ближайшим к нему токовым электродом, которые подключены к второму регистратору [3]

Устройство специализированное, и при измерении удельных электропроводностей жидких сред на малых токах его точность падает, так как измеряемая величина тока становится соизмеримой с ошибкой амперметра. При уменьшении величины сопротивления переменного резистора сила тока, проходящего через участок исследуемой среды, расположенный внутри трубки датчика, увеличивается. Это увеличение возможно до предела, ограниченного суммарным электрическим сопротивлением подводящих проводов и амперметра. Если же напряженность электрического поля на данном участке исследуемой среды мала, то оказывается малой величина силы тока от сторонних источников тока. Она при весьма малых напряженности электрического поля и плотности тока от сторонних источников тока оказывается близкой к ошибке измерения силы тока амперметром. Устройство не позволяет существенно влиять на точность измерения путем активного вмешательства в процесс измерения. Так, при малых значениях напряженности электрического поля и плотности тока от сторонних источников увеличение силы тока на исследуемом участке электрической цепи внутри трубки датчика возможно лишь путем уменьшения до нуля величины сопротивления переменного резистора. Дальнейшее увеличение силы тока для повышения точности измерения удельной электропроводности среды оказывается невозможным. Существенным недостатком этого устройства является обязательная ориентация датчика вдоль экваторовых линий. Это требует специальных приспособлений для ориентации датчика, что ведет к удорожанию стоимости этого устройства.

Цель изобретения создание устройства для измерения удельной электропроводности, конструкция которого обеспечивала бы повышение точности измерения удельных электропроводностей исследуемых сред в объемах с минимальными значениями плотности тока от сторонних источников.

Сущность изобретения заключается в том, что устройство для измерения удельной электропроводности, содержащее датчик с расположенным в нем дисковым и кольцевым электродами, регистратор тока и регистратор напряжения, включенный между дисковым и кольцевым электродами, переменный резистор, устройство для установки датчика в исследуемый локальный объем, оно дополнительно содержит стакан, выполненный из диэлектрического материала, причем дисковый электрод через регистратор тока и переменный резистор соединен со сторонним источником питания.

Устройство позволяет не только производить измерение в жидкой среде в условиях воздействия на нее сторонних источников тока, но и использовать эти источники в процессе измерения. Изменением величины сопротивления переменного резистора можно влиять на точность измерения и получать хорошие результаты даже при малых технологических токах от сторонних источников, т.е. тех токах,

которые протекают по жидкой среде в агрегате. Это возможно благодаря тому, что при соединении токового дискового электрода с одной из клемм источника питания из электрической цепи исключается участок с гораздо большим сопротивлением, чем сопротивление изоляционной прокладки в известном устройстве. В предлагаемом устройстве сечение исключаемого участка электрической цепи соответствует эффективному поперечному сечению ванны агрегата, на которое ток растекается в объеме агрегата, а длина расстоянию от дискового электрода датчика до электрода агрегата, который соединен с одной из клемм источника питания. Это расстояние также может многократно превышать длину изоляционной прокладки прототипа. При уменьшении сопротивления переменного резистора увеличиваются напряженность и плотность тока на измеряемом участке исследуемой среды. Таким образом силу тока можно увеличить настолько, что ошибка измерения регистратора тока оказывает незначительное влияние на результат измерения. Падение напряжения между электродами будет пропорционально удельной электропроводности среды.

При погружении в исследуемую среду датчик заполняется жидкостью. Объем жидкости строго фиксирован и зависит от геометрических размеров датчика. При протекании тока от стороннего источника на электродах возникает разность потенциалов, которая зависит от удельной электропроводности  $\rho$  исследуемой среды и геометрии объема жидкости внутри датчика. Для снижения явления поляризации токовый электрод выполнен в виде сплошного диска. Для прерывания параллельной цепи, которая могла бы замыкать дисковый и кольцевой электроды по исследуемой среде с внешней стороны датчика, основание стакана выполнено из диэлектрического материала.

Для увеличения точности измерения  $\rho$  устройством необходимо, чтобы эквипотенциальные линии при подходе к кольцевому электроду были параллельны. Для этого электрод располагается в середине стакана. Благодаря этому из измерительной цепи исключается участок с неоднородным электрическим полем. Точность измерения  $\rho$  не определяется расположением датчика относительно эквипотенциальных линий. При любом расположении устройства в исследуемом пространстве сила тока в измерительной цепи будет оставаться достаточно высокой при малых значениях гасящего сопротивления  $R$ .

Таким образом, сравнение заявленного решения с другими техническими решениями показывает, что введенный элемент широко известен, его введение в указанной связи с другими элементами устройства, технологического агрегата и стороннего источника питания, их взаимное расположение приводят к появлению новых вышеуказанных свойств, позволяющих повысить точность измерения удельных электропроводностей жидких сред при малых технологических токах от стороннего источника.

Это дает возможность сделать вывод о соответствии предложенного технического решения изобретательскому уровню.

На чертеже представлена функциональная схема устройства для измерения удельной электропроводности.

Устройство содержит датчик удельной электропроводности, состоящий из стакана 1, выполненного из диэлектрического материала, дискового 2 и кольцевого 3 электродов, а также регистратор 4 напряжения, регистратор 5 тока и переменный резистор 6.

Электроды 2 и 3 соединены между собой через регистратор 4 напряжения. Дисковый электрод 2 через регистратор 5 тока и переменный резистор 6 соединен с одной из клемм источника 7 питания.

Стакан, выполненный из диэлектрического материала, служит для вычленения из исследуемой среды локального пространства с ограниченным и точно известным объемом. При больших рабочих температурах и агрессивной среде стакан может быть выполнен из полихлорвинила, текстолита, фторопласта. При более высоких температурах из материалов с большей температурой плавления, например алюминда.

Дно стакана выполняется из такого же твердого материала, что и стенки стакана. В отличие от предлагаемого устройства в устройстве-прототипе изоляционная прокладка выполнена из диэлектрика, находящегося в одном из агрегатных состояний: твердом, жидком, газообразном. В частности, прокладка может выполняться из воздуха, обладающего достаточно высокой диэлектрической проницаемостью. В предлагаемом же устройстве дно стакана не может быть жидким или газообразным, так как в этом случае дисковый электрод будет контактировать с исследуемой средой с другой стороны стакана. В этом случае через регистратор тока пойдет дополнительный ток, что внесет значительные погрешности в процесс измерения.

Дисковый электрод воспринимает весь рабочий ток, протекающий через датчик, поэтому обладает большей площадью. Поляризация понижена, так как с увеличением площади уменьшается плотность тока. Через измерительный электрод протекают небольшие токи по сравнению с токовым электродом. Влияние поляризации здесь минимально. Электроды выполняются из материала с высокой электропроводностью и низкой склонностью к поверхностной поляризации. При значительной температуре изучаемой жидкой среды материал электродов должен обладать высокой жаропрочностью, а при повышенной агрессивности среды хорошей коррозионной стойкостью, либо жаростойкостью. Оба электрода могут быть выполнены из платины, нержавеющей стали, а при высоких температурах из диборида циркония, карбида кремния.

Переменный резистор 6 выполняет функцию гасящего сопротивления и ограничивает максимально допустимый ток  $I_{g\max}$ , протекающий через дисковый электрод датчика в пределах 0,05-0,1 А. Его номинальное значение  $R$  рассчитывается по формуле  $R = \frac{U_{xx}}{I_{g\max}} - \frac{U_{xx}}{I_{xx}} (10-20) U_{xx} (1)$  где  $U_{xx}$

$$\frac{U_{xx}}{I_{g\max}} - \frac{U_{xx}}{I_{xx}}$$

напряжение холостого хода стороннего источника питания технологического агрегата, в котором производится измерение, В.

Увеличение силы тока сверх  $I_{g\max}$  ведет к значительной активизации поляризационных процессов на электродах и понижению точности измерения (см. Иоссель Ю.Я. Электрические поля постоянных токов. Л. Энергоатомиздат, 1986, с.59, 81).

Для помещения датчика в исследуемую среду устройство снабжено штангой, например, в виде полого стержня (на чертеже не показана), закрепленной к середине стакана датчика. При необходимости стержень выполняется из жаростойкого и жаропрочного материалов, внутри него прокладывают соединительные провода.

Устройство работает следующим образом.

Датчик погружают в исследуемую жидкость, по которой протекает электрический ток, например, в шлаковую ванну при электрошлаковом переплаве, при электрошлаковой наплавке, сварке и т.п. Переменным резистором устанавливается величина тока в измерительной цепи, не превышающая 0,05-0,1 А (при дальнейшем увеличении силы тока возрастает поляризация дискового электрода, увеличивается вмешательство в технологический процесс, требуются датчики больших размеров и выше диаметр подводных проводов). Затем фиксируются показания регистраторов тока и напряжения.

Удельная электропроводность исследуемой среды находится по формуле  $q = \frac{1}{S} \cdot \frac{I}{U} \text{ сим} \cdot \text{м}^{-1} (2)$  где  $I$  сила

тока по показанию регистратора тока, А;

$U$  напряжение по показанию регистратора напряжения, В;

$l$  расстояние между электродами, м;

$S$  площадь поперечного сечения дискового электрода,  $\text{м}^2$ .

$K/S$  является величиной постоянной и зависит от геометрических размеров датчика. Окончательно  $q = K \cdot \frac{I}{U} \text{ сим} \cdot \text{м}^{-1} (3)$

Ввиду малых токов, идущих через регистратор напряжения, измерительный электрод практически не подвергается поляризационным процессам. В целом точностные характеристики устройства при  $I \cong 0,05-0,1$  А практически не зависят от поляризационных процессов.

Метрологические характеристики устройства получены при сравнительном измерении раствора KCl при 20°C нормальной концентрации 0,1 Н. Результаты измерений приведены в таблице.

Предлагаемое устройство по сравнению с прототипом позволяет с большей точностью измерять удельные электропроводности жидких сред при низких плотностях тока от стороннего источника тока. Устройство просто по конструкции. Процесс измерения проще, чем при использовании устройства-

прототипа.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ЖИДКИХ СРЕД, содержащее диэлектрическую трубку с расположенными в ней дисковым и кольцевым электродами, диэлектрическую прокладку, расположенную вблизи от дискового электрода и образующую вместе с диэлектрической трубкой стакан, регистратор напряжения, включенный между дисковым и кольцевым электродами, подключенные к дисковому электроду и последовательно соединенные регистратор тока и переменный резистор, отличающееся тем, что дно стакана, представляющее собой диэлектрическую прокладку, выполнено твердым и из того же диэлектрического материала и той же толщины, что и трубка, а в качестве источника питания для измерения использован источник питания технологического процесса, к выходу которого подключен второй вывод переменного резистора.

---

**ИЗВЕЩЕНИЯ К ПАТЕНТУ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ**

---

Код изменения правового статуса	ММ4А - Досрочное прекращение действия патентов РФ из-за неуплаты в установленный срок пошлин за поддержание патента в силе
Дата публикации бюллетеня	2000.06.20
Номер бюллетеня	17/2000

---

**РИСУНКИ**

Рисунок 1, Рисунок 2

Измерение	Устройство	R, Ом	I, А	U, В	l, м	S, м <sup>2</sup>	Уд. электропроводность, См · м <sup>-1</sup>		Относитель- ная ошибка измерения. q. %
							q действи- тельная	q измерен- ная	
1	Предлагаемое	0	$4,1 \cdot 10^{-4}$	0,0879	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$47,76 \cdot 10^{-6}$	1,167	1,172	+ 0,43
2	Прототип	—	$1 \cdot 10^{-5}$	$1,67 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$50,24 \cdot 10^{-6}$	1,167	1,191	+ 2,056

